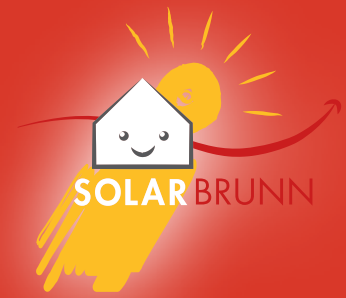


# SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



## „Eine sonnige Zukunft?“

*Lernumgebung  
Unterstufe*



universität  
wien

Dr.<sup>in</sup> Ilse Bartosch  
Ass.-Prof. Dr. Viktor Schlosser  
Mag.<sup>a</sup> Roswitha Avalos Ortiz  
Susanne König  
(Universität Wien, Fakultät für Physik)



## REDAKTION

Dr.<sup>in</sup> Ilse Bartosch  
ilse.bartosch@univie.ac.at  
Gruppe Experimentelle  
Grundausbildung und Hochschuldidaktik  
Universität Wien  
Boltzmanngasse 5, 1090 Wien

## AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr.<sup>in</sup> Ilse Bartosch  
Ass.-Prof. Dr. Viktor Schlosser  
Mag.<sup>a</sup> Roswitha Avalos Ortiz  
Susanne König  
Universität Wien  
Fakultät für Physik

## LEKTORAT

Mag.<sup>a</sup> Roswitha Avalos Ortiz (Universität Wien)  
Dr.<sup>in</sup> Anna Streissler (Umweltdachverband)

## LAYOUT

Irmgard Stelzer

## COVER FOTOS

[www.volker-quaschning.de](http://www.volker-quaschning.de)

**Vielen herzlichen Dank an alle Studierenden, die an der Entstehung dieser Materialien beteiligt waren!**

Universität Wien, Oktober 2017

## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Sämtliche Inhalte in den Lernmaterialien wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Verfügbarkeit der Inhalte übernommen werden. Der Herausgeber übernimmt keinerlei Haftung für Schäden und Nachteile, die allenfalls aus der Nutzung oder Verwertung der Inhalte entstehen.

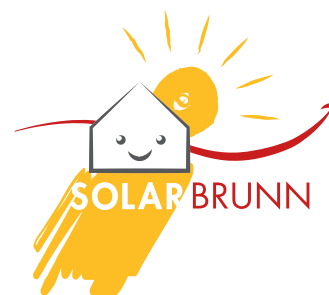
Links zu Webseiten Dritter: Das Setzen von Links ist ein Verweis auf Darstellungen und (auch andere) Meinungen, bedeutet aber nicht, dass den dortigen Inhalten zugestimmt wird. Es wird keinerlei Haftung für Webseiten übernommen, auf die durch einen Link verwiesen wird. Das gilt sowohl für deren Verfügbarkeit als auch für die dort abrufbaren Inhalte. Für diese Inhalte sind ausschließlich deren Betreiber bzw. Eigentümer verantwortlich. Nach Kenntnisstand der Betreiber\_innen enthalten die verlinkten Seiten keine rechtswidrigen Inhalte, sollten solche bekannt werden, wird in Erfüllung rechtlicher Verpflichtungen der elektronische Verweis umgehend entfernt. Inhalte Dritter sind als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden derartige Inhalte umgehend von uns entfernt bzw. korrigiert. Falls unsere Materialien auf Ihre Webseite verweisen und Sie dies nicht wünschen, nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf!

Die Materialien wurden im Rahmen des Projekts „SOLARbrunn mit der Sonne in die Zukunft!“ erstellt. Das Projekt wurde im Rahmen des Programms Sparkling Science, gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2014-2017 durchgeführt.



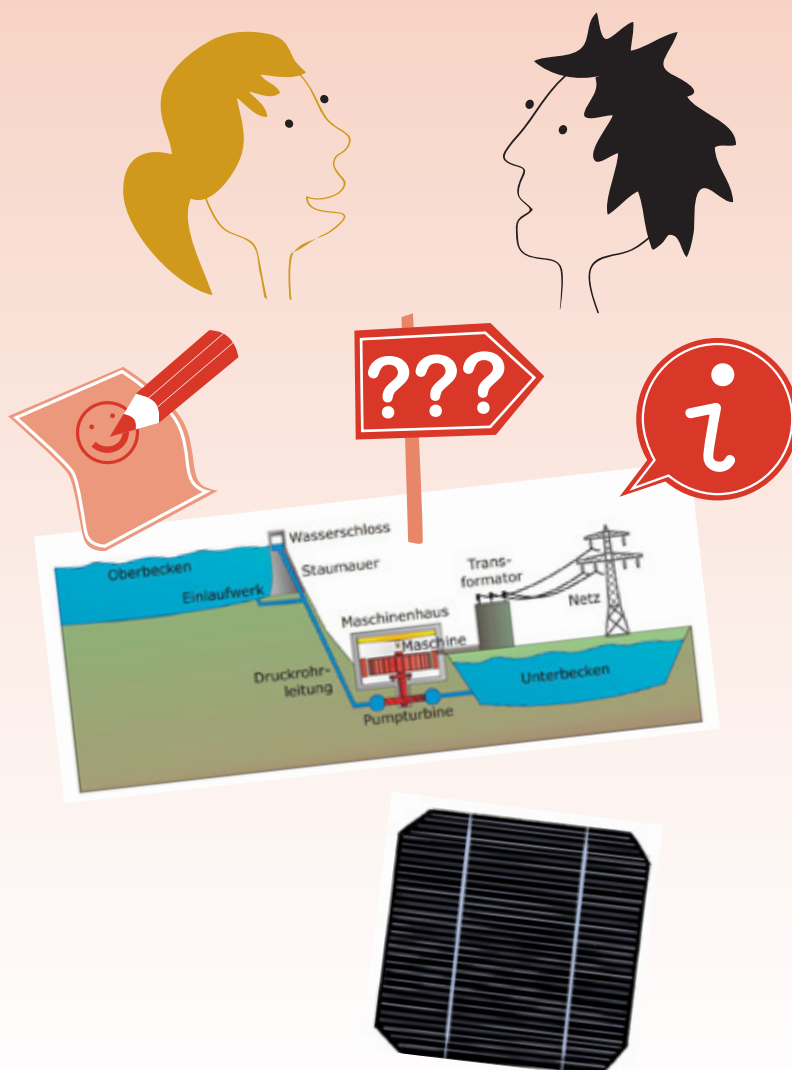
bmw

# SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



## „Eine sonnige Zukunft?“

*Materialien  
für Schüler\_innen  
Unterstufe*



# WIE FUNKTIONIERT EINE SOLARZELLE?



Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 1/Unterstufe

**Mit Hilfe einer Solarzelle kann Sonnenlicht in elektrische Energie umgewandelt werden. Wie aber ist eine Solarzelle aufgebaut und was passiert genau, wenn Licht auf sie trifft?**

Solarzellen wandeln die Energie der Sonnenstrahlung in elektrische Energie um. Dieser Vorgang wird als Photovoltaik bezeichnet. Solarzellen dürfen nicht mit Sonnenkollektoren verwechselt werden, welche Sonnenenergie in thermische Energie umwandeln, beispielsweise für die Erwärmung von Wasser.

## 1

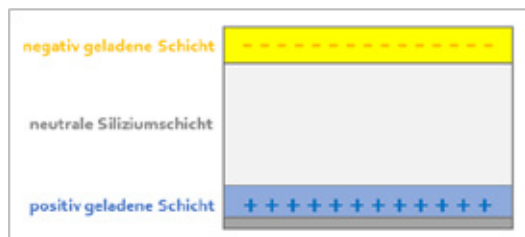
### WORAUS BESTEHEN SOLARZELLEN?

Für die Herstellung von Solarzellen werden Halbleitermaterialien verwendet. Halbleiter sind Materialien, die sich manchmal wie elektrische Leiter und manchmal wie Isolatoren verhalten. Ob das Material leitet oder nicht, hängt z.B. von der Temperatur ab oder davon, ob es mit Licht bestrahlt wird oder nicht. Auch durch gezielte Verunreinigung mit bestimmten chemischen Elementen („Dotierung“) kann man die Leitfähigkeit von Halbleitern beeinflussen. Für die Herstellung von Solarzellen wird meist Silizium verwendet. Silizium ist eines der häufigsten chemischen Elemente in unserer Erdkruste und kommt z.B. im Sand vor.

## 2

### WIE SIND SOLARZELLEN AUFGEBAUT?

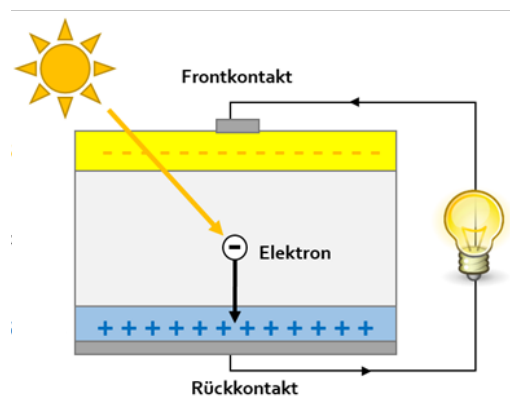
Eine Solarzelle besteht aus unterschiedlichen Halbleiterschichten. Die oberste Schicht ist so verunreinigt (dotiert), dass sie negativ geladen ist, und die unterste Schicht wird mit einem anderen Material dotiert, damit sie positiv wird. Dazwischen liegt eine Übergangsschicht aus reinem Silizium\*, in der sich (aufgrund der beiden unterschiedlich geladenen Randschichten) ein elektrisches Feld bildet.



## 3

### WIE FUNKTIONIERT EINE SOLARZELLE?

In der Übergangsschicht sind normalerweise alle Elektronen an ihre Atomkerne gebunden. Trifft jedoch Licht auf die Zelle, so werden Elektronen durch die Energie des Lichts aus ihren Bindungen gelöst. Dieser Prozess wird auch als innerer Photoeffekt bezeichnet. Durch das elektrische Feld bewegen sich die freien Elektronen, die negativ geladen sind, zur positiv geladenen Randschicht. Dort ist ein metallischer Kontakt angebracht, an dem sich die Elektronen sammeln. Dieser Kontakt lädt sich stärker negativ auf als der Kontakt an der anderen Seite der Solarzelle. Durch diese ungleiche Verteilung von negativen Ladungen entsteht eine Spannung zwischen den beiden Kontakten. Verbindet man nun diese beiden Kontakte über Verbindungskabel mit einem Elektrogerät, kann Strom fließen. Im Stromkreis transportieren die Elektronen dabei elektrische Energie zu den Elektrogeräten: dort wird die elektrische Energie in die benötigten Energieformen (Licht, Bewegung, thermische Energie, ...) umgewandelt. Eine Solarzelle erzeugt nur eine sehr kleine Spannung (ungefähr 0,5 V). Um diese Spannung zu erhöhen, werden mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul kombiniert.



Quelle: Deng & Schiff 2003, S. 509f

\* Diese Art von Solarzelle nennt man auch Dünnschichtzelle.

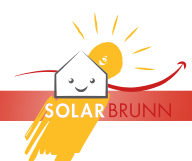
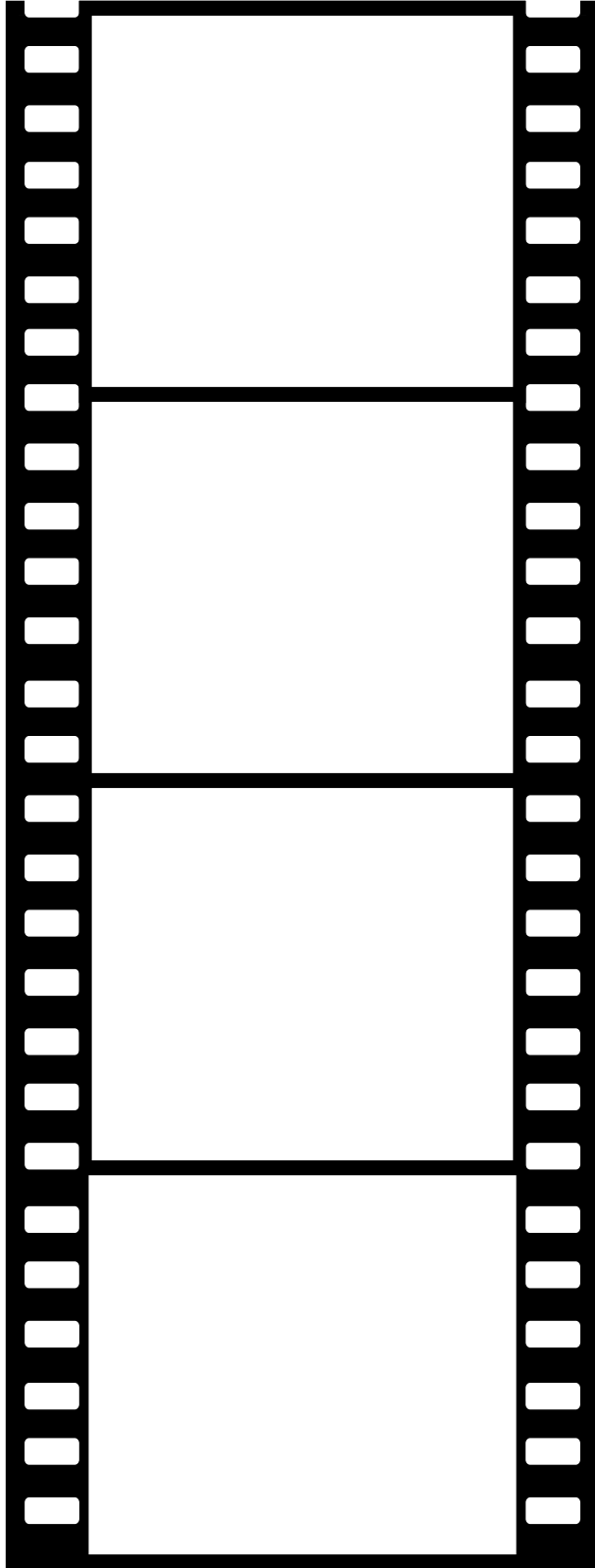


# DIE UMWANDLUNG VON LICHT IN ELEKTRISCHE ENERGIE



Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 2/Unterstufe

*Wiederholt mit Hilfe der folgenden Vorlage den Ablauf der Umwandlung von Licht in elektrische Energie in einer Solarzelle. Skizziert diesen Ablauf im leeren Filmstreifen und beschreibt auf der rechten Seite in euren eigenen Worten, was im Bild passiert.*



In der **physikalischen Forschung** spielen Experimente eine große Rolle, um begründet eine Aussage zu einem Phänomen treffen zu können und somit neues Wissen zu entwickeln. Das Messen selber ist dabei allerdings nur ein Teil des Experimentierens.

**1** Eine **FORSCHUNGSFRAGE** stellen: Zunächst ist es wichtig, zu überlegen, was man wissen will. Dazu müssen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler meist zunächst intensiv mit der Theorie auseinandersetzen, die das zu untersuchende Phänomen beschreiben und erklären könnte.

**2** **PARAMETERVARIATION**: Um ein Phänomen zu untersuchen, müssen zunächst jene Größen (Parameter) ausgewählt werden, die das Phänomen beschreiben. Bei einer einzelnen Untersuchung darf dann immer nur ein Parameter variiert werden.

**3** Die **RAHMENBEDINGUNGEN** kontrollieren: Ein Experiment unterscheidet sich von einer bloßen Beobachtung der Natur dadurch, dass das Experiment meist im Labor durchgeführt wird. Das hat den Vorteil, dass man Faktoren, die den Verlauf des Experiments beeinflussen könnten, beseitigen oder aber genau festlegen und kontrollieren kann.

**4** **HYPOTHESEN** mit einem Experiment **TESTEN**: Oft ist es möglich aufgrund theoretischer Kenntnisse, begründete Vermutungen (Hypothesen) über den Ausgang des Experiments anzustellen. Das Experiment kann dann diese Vermutung bestätigen (**verifizieren**) oder auch widerlegen (**falsifizieren**). Beide Fälle sind wichtig, um mehr über das Phänomen, das interessiert, zu erfahren.

**5** **MESSPLANUNG**: Für jede einzelne Untersuchung muss überlegt werden, in welchem Bereich die Größen, die gemessen werden sollen, variieren

**6** Auswahl des **MESSGERÄTS**: Dann muss man ein geeignetes Messgerät auswählen und sich mit diesem Messgerät vertraut machen. Wichtig ist zu verstehen, wie ein Messgerät funktioniert, weil das bei der Messung berücksichtigt werden muss. Außerdem muss man sich überlegen, wie genau das Messgerät messen können muss und welche Faktoren die Genauigkeit der Messung beeinflussen könnten.

**7** **DOKUMENTATION** der Messung: Schließlich muss all das genau dokumentiert werden und die erhobenen Daten sorgfältig aufgezeichnet werden. Oft ist es günstig, dazu eine **Tabelle** anzulegen oder auf Basis dieser Tabelle ein **Diagramm** zu zeichnen.

**8** **INTERPRETATION** der Daten: In einem nächsten Schritt wird überlegt, was die Daten im Hinblick auf die Forschungsfrage aussagen – die Daten müssen interpretiert werden.

**9** **DISKUSSION** der Ergebnisse: Da in der Forschung im Unterschied zur Schule nicht feststeht, welches Ergebnis bei einem Experiment herauskommen soll, ist es wichtig, dass die Ergebnisse mit anderen Forscherinnen und Forschern diskutiert werden und, dass andere das gleiche oder ähnliche Experimente durchführen, um herauszufinden, ob sie zum gleichen Ergebnis kommen.



Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 2/Unterstufe

Einer der Faktoren, der die maximale Leistungsabgabe einer Solarzelle beeinflussen kann, ist der **Einstrahlwinkel** des Sonnenlichts. Es ist deshalb wichtig, dass die Ausrichtung der Solarzelle so eingestellt wird, dass der Winkel zwischen dem einfallendem Licht und der Oberfläche der Solarzelle ideal ist.

**PHASE 1****MESSPLANUNG**

Bevor ihr zu messen beginnt, müsst ihr euch überlegen, wie ihr genau vorgehen wollt.

**1** **WAS** genau wollt ihr herausfinden? – **FORSCHUNGSFRAGE**

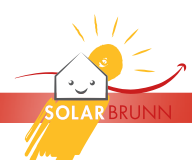
**2** **WAS** wollt ihr konkret messen?  
Welche Größen/Parameter können gemessen werden?  
Welcher Parameter soll variiert werden?

**3** Welches Ergebnis erwartet ihr? – **HYPOTHESE**

**4** Welche Faktoren könnten die Messung beeinflussen? Wie könnt ihr sie kontrollieren? – **KONTROLLE DER RAHMENBEDINGUNGEN**

**5** **WIE** wollt ihr konkret messen?  
Wie wollt ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Was braucht ihr dafür? Wie werdet ihr konkret vorgehen?

Wenn euch zu den einzelnen Punkten nichts mehr einfällt, könnt ihr die HILFEKARTEN verwenden, die vorne am Leertisch aufliegen. Bitte nehmt immer nur eine Karte. Wenn euch die Informationen nicht helfen, weiterzuarbeiten legt ihr die Karte zurück und holt die nächste. (Die Karten sind durchnummeriert.)



**PHASE 2 AUSEINANDERSETZUNG MIT DEM MESSGERÄT**

Für die Messung des Winkels benutzt ihr ein Geodreieck, für die Messung von Spannung und Stromstärke ein Multimeter.

Macht euch mit den Messgeräten vertraut. Wie könnt ihr das Messgerät einschalten, wie die geeignete Messgröße wählen? Welche Messbereiche werdet ihr einstellen, damit das Gerät nicht beschädigt werden kann?

Welche Ablesegenauigkeit ist möglich?  
Entspricht sie der Genauigkeit des Messgeräts?

**PHASE 3 DATENERHEBUNG**

Baut das Experiment wie geplant auf. Überlegt dabei, wie ihr Störfaktoren ausschalten könnt. **BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT, LASST EURE SCHALTUNG KONTROLLIEREN!**

Führt nun eure Messungen wie geplant durch und haltet die Messdaten in einer Tabelle fest.

Stellt den Zusammenhang zwischen elektrischer Leistung und Einstrahlwinkel grafisch dar! Erstellt dazu ein Koordinatensystem, in dem ihr eure Werte eintragt. Beschriftet die Achsen und wählt passende Abstände zwischen den einzelnen Werten.

Auch hier helfen euch bei Problemen die HILFEKARTEN weiter.

**PHASE 4 PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE**

Stellt gemeinsam als Gruppe eure Ergebnisse vor:

- Erklärt, ob ihr eure Hypothese mit den gesammelten Messwerten bestätigen konntet.
- Beschreibt, wie ihr bei der Messung vorgegangen seid, was ihr dabei beachtet habt. Welche Ergebnisse habt ihr erhalten?

Fragt eure Lehrerin oder euren Lehrer, ob ihr ein Poster gestalten sollt.





# PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

1

### PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Wir sollen gemeinsam ein Experiment planen und durchführen, mit dem wir herausfinden können, wie sich der Einstrahlwinkel des Sonnenlichts auf die elektrische Leistungsabgabe einer Solarzelle auswirkt. Wir müssen daher den Einstrahlwinkel während des Experiments ändern, damit wir herausfinden können, wie sich diese Änderung auf die elektrische Leistung der Solarzelle auswirkt.

## HINWEIS

1

### PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

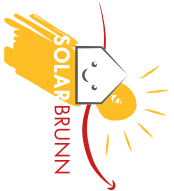


Welche Größen/Parameter wollt ihr messen?  
Welchen Parameter werdet ihr schrittweise verändern (variieren)?

## HINWEIS

2

### PLANUNG EINSTRAHLWINKEL



Überlegt, welche Faktoren einen Einfluss auf eure Messwerte haben könnten.  
Wie könnt ihr dafür sorgen, dass sie während des Experiments konstant (unverändert) bleiben?



# PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## 2 PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

### LÖSUNG

Es gibt noch eine Reihe andere Faktoren, die einen Einfluss auf die elektrische Leistung einer Solarzelle haben.

- Die Bestrahlungsstärke, also die Intensität des Lichts, das auf die Solarzelle trifft
- Abschattung durch Objekte, die im Weg stehen
- Die Temperatur der Solarzelle
- Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet.

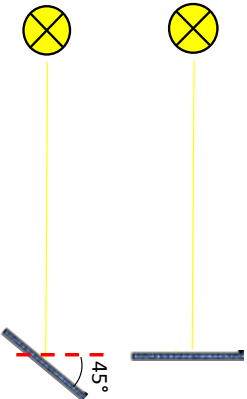
Wir müssen darauf achten, dass sich diese Faktoren nicht verändern.

Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## 3 PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

### LÖSUNG

Am einfachsten ist es, wenn wir die Solarzelle drehen und so den Winkel verändern. Der Winkel kann dabei von 0° bis 90° relativ zur Projektionsfläche des Lichts (rote Linie in der unteren Skizze) verändert werden.



## 4 PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

### HINWEIS



Die elektrische Leistung kann man nicht direkt messen, sondern nur indirekt mit Hilfe anderer Messgrößen bestimmen und über eine Formel berechnen. Können ihr euch noch an diese Formel erinnern? Sie weist euch darauf hin, welche Größen ihr im Experiment messen müsst, damit ihr die elektrische Leistung der Solarzelle berechnen könnt!



Welche Winkel sollen konkret gemessen werden? Soll dazu die Ausrichtung der Lichtquelle oder die der Solarzelle verändert werden?



# PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## 4 PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

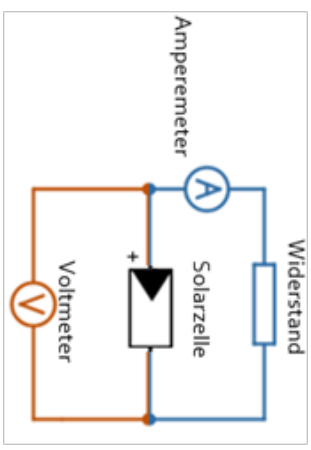
Die elektrische Leistung kann man mit der Formel  $P=U \cdot I$  berechnen.  
Um die elektrische Leistung zu bestimmen, müssen wir die Stromstärke und die Spannung messen und können damit die elektrische Leistung berechnen.

## 5 HINWEIS PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Um die Leistung zu messen, müsst ihr Spannung (U) und Stromstärke (I) messen. Überlegt euch, wie der Stromkreis aussehen könnte, den ihr aufbauen müsst.  
Wie werdet ihr die Messgeräte verschalten?  
**ZEICHNET EINE SCHALTSKIZZE!**

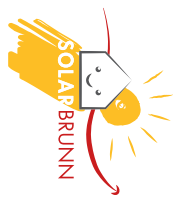
## 5 PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Um die elektrische Stromstärke zu messen, wird das Amperemeter mit dem Widerstand und der Solarzelle in Serie geschaltet (=blauer Stromkreis). Die Spannung muss zwischen den beiden Kontakten der Solarzelle gemessen werden. Dazu wird das Voltmeter parallel zur Solarzelle geschaltet (=roter Stromkreis).



## 6 HINWEIS PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Welche Materialien braucht ihr, um das Experiment durchzuführen?  
Welche Aufgabe haben die einzelnen Geräte und Materialien?



# PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG

6

### PLANUNG EINSTRAHLWINKEL

Wir brauchen folgende Dinge:

- Eine Lichtquelle, z.B. eine Lampe
- Eine Solarzelle
- Eine Aufständerung, ein Stativ oder eine Halterung für die Solarzelle, damit wir sie drehen können
- Ein Geodreieck zum Messen des Winkels
- Ein Amperemeter, mit dem wir die Stromstärke messen können
- Ein Voltmeter, mit dem wir die Spannung messen können
- Einen Widerstand, den wir einbauen, damit wir Stromstärke und Spannung gleichzeitig messen können
- Kabel

↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.



# EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

1

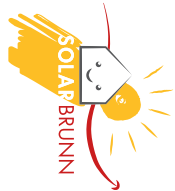
### EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

- Wir fixieren die Solarzelle auf einer Stativstange oder einer Schiene, mit der wir ihre Neigung verändern können. Eine Skizze finden wir auf der Lösungskarte 2 für die Planung.
- Dann verbinden wir die Solarzelle mit den Messgeräten und dem Widerstand (siehe Schaltskizze) (Messbereiche: Gleichspannung ca. 10 Volt, Gleichstrom ca. 200 mA).
- Wir stellen in einem fixen Abstand von der Solarzelle eine Lichtquelle auf und verändern den Winkel der Solarzelle in 20-Grad-Schritten.

## HINWEIS

1

### EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL



Wie werdet ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Welche Winkeleinstellungen werdet ihr wählen und warum?  
Welche Messbereiche für Stromstärke und Spannung werdet ihr einstellen?

## HINWEIS

2

### EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL



Wie könnt ihr die Störfaktoren ausschließen, die ihr in der Planung ermittelt habt?



# EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG 2 EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Wir können die Störfaktoren ausschließen, indem wir sie während der Messung konstant halten. Das könnte z.B. so funktionieren:

- Bestrahlungsstärke: dieselbe Lichtquelle verwenden, die gleiche Helligkeits-einstellung wählen und den Abstand zwischen Lichtquelle und Solarzelle immer unverändert lassen. Außerdem können wir darauf achten, dass alle anderen Lichtquellen – z.B. die Beleuchtung im Klassenzimmer, ausgeschaltet oder abgedeckt werden
- Abschattung der Solarzelle: darauf achten, dass sich nichts zwischen Licht-quelle und Solarzelle befindet, damit die Solarzelle nicht verschattet wird.
- Verschmutzung der Solarzelle: sichergehen, dass die Solarzelle nicht ver-schmutzt ist, und sie vorsichtig reinigen, falls sie verschmutzt ist.
- Temperatur der Solarzelle: Die Temperatur bleibt gleich, wenn wir die Solar-zelle nicht zu nahe an die Lichtquelle bringen.
- Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet: Wir behalten immer densel-ben Widerstand für jede Messung bei.

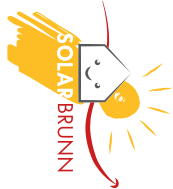
## LÖSUNG 3 EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Für jeden Winkelwert wird die Stromstärke und die Spannung gemessen. Daraus wird die Leistung berechnet. Alle Werte werden in eine geeignete Tabelle ein-getragen.

Winkel $\alpha$ [°]	Stromstärke I [mA]	Spannung U [V]	Leistung P [mW]
z. B. 70	...	...	...

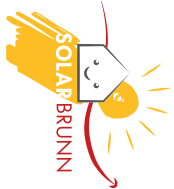
Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## HINWEIS 3 EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL



Legt eine Tabelle an, in der ihr alle Werte übersicht-lich eintragen könnt!  
**LASST EURE SCHALTUNG ÜBERPRÜFEN, BE-VOR IHR ZU MESSEN BEGINNT.**

## HINWEIS 4 EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL



Kömt ihr euch noch daran erinnern, wie man Messwerte in einem Koordinatensystem grafisch darstellt?  
Wie werden die beiden Achsen beschriftet?



# EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



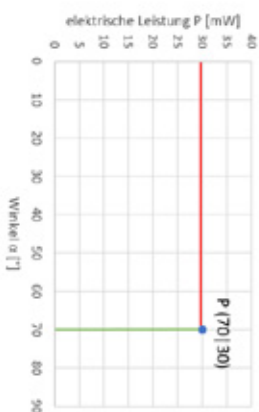
## LÖSUNG

4

### EXPERIMENT EINSTRAHLWINKEL

Wir können Messwerte grafisch darstellen, indem wir unsere Messpunkte in ein Koordinatensystem übertragen. Dazu wählen wir die Achsen wie in der Abbildung. Anschließend übertragen wir die Werte in die Tabelle. Wie das geht, sehen wir für Punkt 1.

Wenn man viele Messwerte gemessen hat, könnte man die Punkte anschließend auch miteinander verbinden, um den Leistungsverlauf in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels als Kurve darzustellen.



Winkel $\alpha$ [°]	elektrische Leistung P [mW]
70	30

↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.





Einer der Faktoren, der die maximale Leistungsabgabe einer Solarzelle beeinflussen kann, ist die **Bestrahlungsstärke** des einfallenden Lichts. Diese ist nichts anderes als die Intensität des Sonnenlichts und gibt an, wie viel Lichtenergie pro Sekunde auf eine bestimmte Oberfläche trifft.

**PHASE 1****MESSPLANUNG**

Bevor ihr zu messen beginnt, müsst ihr euch überlegen, wie ihr genau vorgehen wollt.

**1** **WAS** genau wollt ihr herausfinden? – **FORSCHUNGSFRAGE**

**2** **WAS** wollt ihr konkret messen?  
Welche Größen/Parameter können gemessen werden?  
Welcher Parameter soll variiert werden?

**3** Welches Ergebnis erwartet ihr? – **HYPOTHESE**

**4** Welche Faktoren könnten die Messung beeinflussen? Wie könnt ihr sie kontrollieren? – **KONTROLLE DER RAHMENBEDINGUNGEN**

**5** **WIE** wollt ihr konkret messen?  
Wie wollt ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Was braucht ihr dafür? Wie werdet ihr konkret vorgehen?

Wenn euch zu den einzelnen Punkten nichts mehr einfällt, könnt ihr die HILFEKARTEN verwenden, die vorne am Leertisch aufliegen. Bitte nehmt immer nur eine Karte. Wenn euch die Informationen nicht helfen, weiterzuarbeiten legt ihr die Karte zurück und holt die nächste. (Die Karten sind durchnummeriert.)





**PHASE 2****AUSEINANDERSETZUNG MIT DEM MESSGERÄT**

Um die Spannung und die Stromstärke zu messen, werdet ihr Multimeter verwenden.

Macht euch mit den Messgeräten vertraut. Wie könnt ihr das Messgerät einschalten, wie die geeignete Messgröße wählen? Welche Messbereiche werdet ihr einstellen, damit das Gerät nicht beschädigt werden kann?

Welche Ablesegenauigkeit ist möglich?  
Entspricht sie der Genauigkeit des Messgeräts?

**PHASE 3****DATENERHEBUNG**

Baut das Experiment wie geplant auf. Überlegt dabei, wie ihr Störfaktoren ausschalten könnt. **BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT, LASST EURE SCHALTUNG KONTROLLIEREN!**

Führt nun eure Messungen wie geplant durch und haltet die Messdaten in einer Tabelle fest.

Stellt den Zusammenhang zwischen elektrischer Leistung und Bestrahlungsstärke grafisch dar! Erstellt dazu ein Koordinatensystem, in dem ihr eure Werte eintragt. Beschriftet die Achsen und wählt passende Abstände zwischen den einzelnen Werten.

Auch hier helfen euch bei Problemen die HILFEKARTEN weiter.

**PHASE 4****PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE**

Stellt gemeinsam als Gruppe eure Ergebnisse vor:

- Erklärt, ob ihr eure Hypothese mit den gesammelten Messwerten bestätigen konntet.
- Beschreibt, wie ihr bei der Messung vorgegangen seid, was ihr dabei beachtet habt. Welche Ergebnisse habt ihr erhalten?

Fragt eure Lehrerin oder euren Lehrer, ob ihr ein Poster gestalten sollt.



# PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

1

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

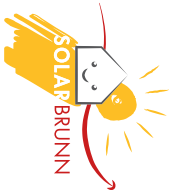
Wir sollen gemeinsam ein Experiment planen und durchführen, mit dessen Hilfe wir herausfinden können, wie sich die Bestrahlungsstärke auf die elektrische Leistungsabgabe einer Solarzelle auswirkt. Wir werden dafür die Bestrahlungsstärke bei der Messung verändern, um herauszufinden, wie sie die Leistung der Solarzelle dadurch verändert.

## HINWEIS

2

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Überlegt, welche Faktoren einen Einfluss auf eure Messwerte haben könnten.  
Wie könnt ihr dafür sorgen, dass sie während des Experiments konstant (unverändert) bleiben?



## HINWEIS

1

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Erklärt euch in eurer Experimentiergruppe gegenseitig die Aufgabenstellung für eure Untersuchung und versucht herauszufinden, ob euch noch etwas unklar ist.  
Welche Größen/Parameter wollt ihr messen?  
Welchen Parameter werdet ihr schrittweise verändern (variieren)?



# PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG 2

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Es gibt noch eine Reihe andere Faktoren, die einen Einfluss auf die elektrische Leistung einer Solarzelle haben.

- Der Einstrahlwinkel des Lichts
  - Abschattung durch Objekte, die im Weg stehen
  - Verschmutzung der Solarzelle
  - Die Temperatur der Solarzelle
  - Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet
- Wir müssen darauf achten, dass sich diese Faktoren nicht verändern.

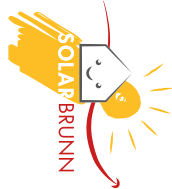
## LÖSUNG 3

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

- Im Alltag ändert sich die Bestrahlungsstärke hauptsächlich durch Bewölkung. Dabei ist die Bestrahlungsstärke am höchsten bei wolkenlosem Himmel und wird immer schwächer, je dichter die Wolken werden, also je stärker der Himmel bewölkt ist. Wir können das nachahmen, indem wir den Abstand in regelmäßigen Abständen verändern. (Je näher bei der Lampe desto stärker ist die Bestrahlungsstärke.) Wir können aber z.B. Wolken am Himmel in unserem Experiment nachahmen, indem wir verschiedene Papiere und Kartons verwenden. Z.B.:
- Wolkenloser Himmel: Die Lichtquelle wird nicht bedeckt
  - Leicht bewölkt Himmel: helles (z.B. hellgraues) Transparentpapier verwenden
  - Stark bewölkt Himmel: dunkleres oder dickeres Transparentpapier oder mehrere Transparentpapiere übereinander verwenden
  - Nacht: dicken Karton verwenden

## HINWEIS 3

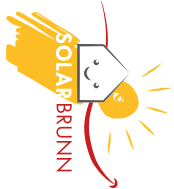
### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Wodurch ändert sich die Bestrahlungsstärke unter (echten) Bedingungen (Sonne)?  
Wie kann man das im Experiment KONTROLLIERT nachstellen (MODELLIEREN)?

## HINWEIS 4

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Die elektrische Leistung kann man nicht direkt messen, sondern nur indirekt mit Hilfe anderer Messgrößen bestimmen und über eine Formel berechnen. Könt ihr euch noch an diese Formel erinnern?  
Sie weist euch darauf hin, welche Größen ihr im Experiment messen müsst, damit ihr die elektrische Leistung der Solarzelle berechnen könnt!



# PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG 4

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

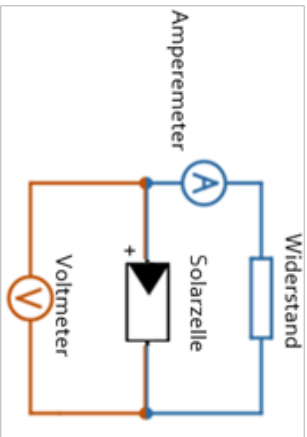
Die elektrische Leistung kann man mit der Formel  $P=U \cdot I$  berechnen.

Um die elektrische Leistung zu bestimmen, müssen wir die Stromstärke und die Spannung messen und können damit die elektrische Leistung berechnen.

## LÖSUNG 5

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Um die elektrische Stromstärke zu messen, wird das Amperemeter mit dem Widerstand und der Solarzelle in Serie geschaltet (=blauer Stromkreis). Die Spannung muss zwischen den beiden Kontakten der Solarzelle gemessen werden. Dazu wird das Voltmeter parallel zur Solarzelle geschaltet (=roter Stromkreis).



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## HINWEIS 5

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE



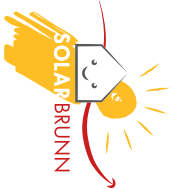
Um die Leistung zu messen, müsst ihr Spannung (U) und Stromstärke (I) messen. Überlegt euch, wie der Stromkreis aussehen könnte, den ihr aufbauen müsst.

Wie werdet ihr die Messgeräte verschalten?

**ZEICHNET EINE SCHALTSKIZZE!**

## HINWEIS 6

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Welche Materialien braucht ihr, um das Experiment durchzuführen?

Welche Aufgabe haben die einzelnen Geräte und Materialien?



# PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG

6

### PLANUNG BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Wir brauchen folgende Dinge:

- Eine Lichtquelle
  - Eine Solarzelle
  - Unterschiedlich dicke Kartons oder Papiere
- ODER: Eine Schiene, auf der wir die Solarzelle montieren, damit wir den Abstand kontrolliert verändern können.
- Ein Amperemeter, mit dem wir die Stromstärke messen können.
  - Ein Voltmeter, mit dem wir die Spannung messen können.
  - Einen Widerstand, den wir einbauen, damit wir Stromstärke und Spannung gleichzeitig messen können.
  - Kabel
  - Stativmaterial

↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.



# EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe

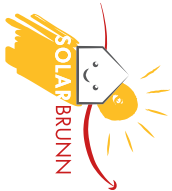


Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

### 1 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

- Wir verbinden die Solarzelle mit den Messgeräten und dem Widerstand (siehe Schaltskizze). (Messbereiche: Gleichspannung ca. 10 Volt, Gleichstrom ca. 200 mA). (Falls wir den Abstand zwischen Lichtquelle und Solarzelle ändern wollen, um die Bestrahlungsstärke zu ändern, montieren wir die Solarzelle auf einer Schiene oder auf einem Stativ.)
- Wir wählen einen fixen Abstand zwischen Lampe und Solarzelle und erzeugen unterschiedliche Beleuchtungsstärken mit Papier oder Karton. ODER: Wir verändern den Abstand zwischen Lampe und Solarzelle in 5 cm-Schritten.
- Es ist sinnvoll, bei den Einstellungen darauf zu achten, dass sie nicht zu ähnlich sind, sondern sich klar unterscheiden.



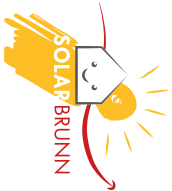
## HINWEIS

### 1 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

- Wie werdet ihr das Experiment konkret aufbauen?
- Welche Abstände / welche Papiere werdet ihr wählen und warum?
- Welche Messbereiche für Stromstärke und Spannung werdet ihr einstellen?

## HINWEIS

### 2 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Wie könnt ihr die Störfaktoren ausschließen, die ihr in der Planung ermittelt habt?



# EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG 2 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

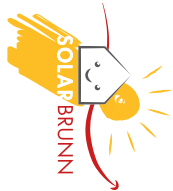
- Wir können die Störfaktoren ausschließen, indem wir sie während der Messung konstant halten. Das könnte z.B. so funktionieren:
- Einstrahlwinkel: die Ausrichtung der Lichtquelle und der Solarzelle nicht verändern.
  - Abschattung der Solarzelle: darauf achten, dass sich nichts zwischen Lichtquelle und Solarzelle befindet, damit die Solarzelle nicht verschattet wird.
  - Verschmutzung der Solarzelle: sichergehen, dass die Solarzelle nicht verschmutzt ist und sie reinigen, falls sie verschmutzt ist.
  - Temperatur der Solarzelle: die Solarzelle nicht zu nahe an die Lichtquelle bringen.
  - Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet: Wir behalten immer denselben Widerstand für jede Messung bei.

## LÖSUNG 3 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Für jede Einstellung für die Bestrahlungsstärke wird die Stromstärke und die Spannung gemessen. Daraus wird die Leistung berechnet. Alle Werte werden in eine geeignete Tabelle eingetragen.

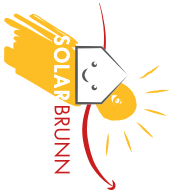
Modellierung Bestrahlungsstärke	Stromstärke I [mA]	Spannung U [V]	Leistung P [mW]
z.B. wolkenlos ODER: Abstand 10 cm	...	...	...

## HINWEIS 3 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Legt eine Tabelle an, in der ihr alle Werte übersichtlich eintragen könnt!  
**LASST EURE SCHALTUNG ÜBERPRÜFEN, BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT.**

## HINWEIS 4 EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE



Können ihr euch noch daran erinnern, wie man Messwerte in einem Säulendiagramm grafisch darstellt? Wie werden die beiden Achsen beschriftet?



# EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



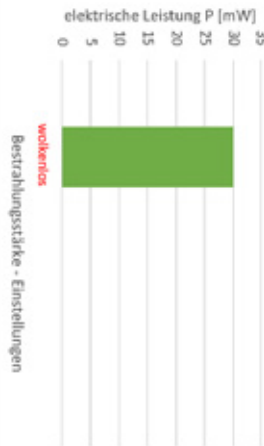
## LÖSUNG

4

### EXPERIMENT BESTRAHLUNGSSTÄRKE

Wir können Messwerte grafisch darstellen, indem wir ein Säulendiagramm erstellen. Wir beschriften dazu die Achsen wie in der Abbildung. Die Höhe der Säule wird durch die elektrische Leistung, die wir berechnet haben, bestimmt. Damit können wir die Höhe der einzelnen Leistungswerte gut vergleichen.

gewählte Einstellung	elektrische Leistung P [mW]
wolkenlos	30



↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.







Einer der Faktoren, der die maximale Leistungsabgabe einer Solarzelle beeinflussen kann, ist die **Temperatur der Solarzelle**. Diese kann sich durch äußere Bedingungen wie z.B. die Intensität der Sonneneinstrahlung oder Wüstenstürme ändern und muss daher immer berücksichtigt werden.

**PHASE 1****MESSPLANUNG**

Bevor ihr zu messen beginnt, müsst ihr euch überlegen, wie ihr genau vorgehen wollt.

**1** **WAS** genau wollt ihr herausfinden? – **FORSCHUNGSFRAGE**

**2** **WAS** wollt ihr konkret messen?  
Welche Größen/Parameter können gemessen werden?  
Welcher Parameter soll variiert werden?

**3** Welches Ergebnis erwartet ihr? – **HYPOTHESE**

**4** Welche Faktoren könnten die Messung beeinflussen? Wie könnt ihr sie kontrollieren? – **KONTROLLE DER RAHMENBEDINGUNGEN**

**5** **WIE** wollt ihr konkret messen?  
Wie wollt ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Was braucht ihr dafür? Wie werdet ihr konkret vorgehen?

Wenn euch zu den einzelnen Punkten nichts mehr einfällt, könnt ihr die HILFEKARTEN verwenden, die vorne am Leertisch aufliegen. Bitte nehmt immer nur eine Karte. Wenn euch die Informationen nicht helfen, weiterzuarbeiten legt ihr die Karte zurück und holt die nächste. (Die Karten sind durchnummeriert.)



**PHASE 2****AUSEINANDERSETZUNG MIT DEM MESSGERÄT**

Um die Spannung und die Stromstärke zu messen, werdet ihr Multimeter verwenden. Für die Temperaturmessung könnt ihr ein Thermometer benutzen.

Macht euch mit den Messgeräten vertraut. Wie könnt ihr das Messgerät einschalten, wie die geeignete Messgröße wählen? Welche Messbereiche werdet ihr einstellen, damit das Gerät nicht beschädigt werden kann?

Welche Ablesegenauigkeit ist möglich?  
Entspricht sie der Genauigkeit des Messgeräts?

**PHASE 3****DATENERHEBUNG**

Baut das Experiment wie geplant auf. Überlegt dabei, wie ihr Störfaktoren ausschalten könnt. **BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT, LASST EURE SCHALTUNG KONTROLLIEREN!**

Führt nun eure Messungen wie geplant durch und haltet die Messdaten in einer Tabelle fest.

Stellt den Zusammenhang zwischen elektrischer Leistung und Solarzellentemperatur grafisch dar! Erstellt dazu ein Koordinatensystem, in dem ihr eure Werte einträgt. Beschriftet die Achsen und wählt passende Abstände zwischen den einzelnen Werten.

Auch hier helfen euch bei Problemen die HILFEKARTEN weiter.

**PHASE 4****PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE**

Stellt gemeinsam als Gruppe eure Ergebnisse vor:

- Erklärt, ob ihr eure Hypothese mit den gesammelten Messwerten bestätigen konntet.
- Beschreibt, wie ihr bei der Messung vorgegangen seid, was ihr dabei beachtet habt. Welche Ergebnisse habt ihr erhalten?

Fragt eure Lehrerin oder euren Lehrer, ob ihr ein Poster gestalten sollt.



# PLANUNG SOLARZELLENTEMPERATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

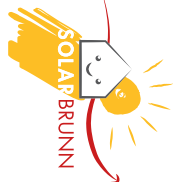
**LÖSUNG**

**1 PLANUNG SOLARZELLENTEMPERATUR**

Wir sollen gemeinsam ein Experiment planen und durchführen, mit dessen Hilfe wir herausfinden können, wie sich die Temperatur einer Solarzelle auf ihre elektrische Leistungsabgabe auswirkt. Der Faktor, den wir untersuchen wollen, ist die Temperatur der Solarzelle. Diese müssen wir während des Experiments verändern, damit wir herausfinden können, wie sich diese Änderung auf die elektrische Leistung der Solarzelle auswirkt.

**HINWEIS**

**2 PLANUNG SOLARZELLENTEMPERATUR**



Überlegt, welche Faktoren einen Einfluss auf eure Messwerte haben könnten.  
Wie könnt ihr dafür sorgen, dass sie während des Experiments konstant (unverändert) bleiben?

**HINWEIS**

**1 PLANUNG SOLARZELLENTEMPERATUR**



Erklärt euch in eurer Experimentiergruppe gegenseitig die Aufgabenstellung für eure Untersuchung und versucht herauszufinden, ob euch noch etwas unklar ist.  
Welche Größen/Parameter wollt ihr messen?  
Welchen Parameter werdet ihr schrittweise verändern (variieren)?



# PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG 2

### PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR

- Es gibt noch eine Reihe andere Faktoren, die einen Einfluss auf die elektrische Leistung einer Solarzelle haben.
- Die Bestrahlungsstärke, also die Intensität des Lichts, das auf die Solarzelle trifft
  - Der Einstrahlwinkel des Lichts
  - Abschattung durch Objekte, die im Weg stehen
  - Verschmutzung der Solarzelle
  - Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet
- Wir müssen darauf achten, dass sich diese Faktoren nicht verändern.

## LÖSUNG 3

### PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR

- Wir verbinden die Solarzelle mit den Messgeräten und dem Widerstand (siehe Schaltskizze Lösung 1, Messbereich Gleichspannung ca. 10 Volt, Gleichstrom ca. 200 mA).
- Wir beleuchten die Solarzelle mit der Lichtquelle in einem fixen Abstand und schalten den Fön ein. Wir wählen entweder eine Einstellung am Fön oder einen Abstand zwischen Fön und Solarzelle und lassen das unverändert.
- Sobald die Temperatur der Solarzelle konstant ist, messen wir die Stromstärke und die Spannung und notieren die Werte. Dazu sollten mindestens drei Einstellungen im Bereich von 20°C bis 60°C gewählt werden. Es ist sinnvoll, wenn wir die Temperaturen nicht zu nahe beieinander wählen.

## HINWEIS 3

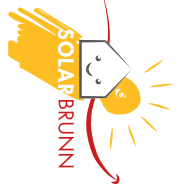
### PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR



Wie könnt ihr die Temperatur der Solarzelle verändern oder konstant halten?

## HINWEIS 4

### PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR



Die elektrische Leistung kann man nicht direkt messen, sondern nur indirekt mit Hilfe anderer Messgrößen bestimmen und über eine Formel berechnen. Könt ihr euch noch an diese Formel erinnern? Sie weist euch darauf hin, welche Größen ihr im Experiment messen müsst, damit ihr die elektrische Leistung der Solarzelle berechnen könnt!



# PLANUNG SOLARZELLENTEMPÉRATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

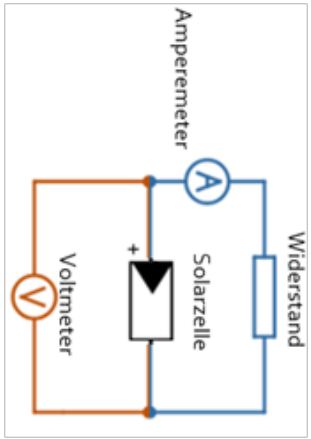
## LÖSUNG 4 PLANUNG SOLARZELLENTEMPÉRATUR

Die elektrische Leistung kann man mit der Formel  $P=U \cdot I$  berechnen.

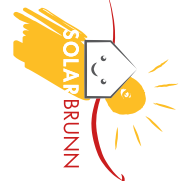
Um die elektrische Leistung zu bestimmen, müssen wir die Stromstärke und die Spannung messen und können damit die elektrische Leistung berechnen.

## LÖSUNG 5 PLANUNG SOLARZELLENTEMPÉRATUR

Um die elektrische Stromstärke zu messen, wird das Amperemeter mit dem Widerstand und der Solarzelle in Serie geschaltet (=blauer Stromkreis). Die Spannung muss zwischen den beiden Kontakten der Solarzelle gemessen werden. Dazu wird das Voltmeter parallel zur Solarzelle geschaltet (=roter Stromkreis).



## HINWEIS 5 PLANUNG SOLARZELLENTEMPÉRATUR

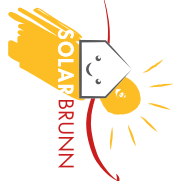


Um die Leistung zu messen, müsst ihr Spannung (U) und Stromstärke (I) messen. Überlegt euch, wie der Stromkreis aussehen könnte, den ihr aufbauen müsst.

Wie werdet ihr die Messgeräte verschalten?

**ZEICHNET EINE SCHALTSKIZZE!**

## HINWEIS 6 PLANUNG SOLARZELLENTEMPÉRATUR



Welche Materialien braucht ihr, um das Experiment durchzuführen?

Welche Aufgabe haben die einzelnen Geräte und Materialien?





## LÖSUNG

### 6

#### PLANUNG SOLARZELLETEMPERATUR

Wir brauchen die folgenden Dinge:

- Eine Lichtquelle
- Eine Solarzelle
- Einen Fön
- Ein Thermometer
- Ein Amperemeter, mit dem wir die Stromstärke messen können
- Ein Voltmeter, mit dem wir die Spannung messen können
- Einen Widerstand, den wir einbauen, damit wir Stromstärke und Spannung gleichzeitig messen können
- Kabel

↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.



# EXPERIMENT SOLARZELLENTEMPERATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

1

### EXPERIM. SOLARZELLENTEMPERATUR

- Wir verbinden die Solarzelle mit den Messgeräten und dem Widerstand (siehe Schaltskizze) (Messbereiche: Gleichspannung ca. 10 Volt, Gleichstrom ca. 200 mA).
- Wir stellen in einem fixen Abstand von der Solarzelle eine Lichtquelle auf und schalten den Fön ein. Wir wählen entweder eine Einstellung am Fön oder einen Abstand zwischen Fön und Solarzelle und lassen das unverändert, bis die Temperatur der Solarzelle konstant ist.
- Das machen wir jetzt für mehrere verschiedene Temperatureinstellungen. Es sollten mindestens drei Einstellungen im Bereich von 20°C bis 60°C sein, aber wir können uns die Werte selbst aussuchen. Es ist sinnvoll, wenn wir keine Temperaturen wählen, die zu nahe beieinander sind.

## HINWEIS

1

### EXPERIM. SOLARZELLENTEMPERATUR

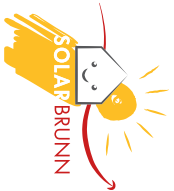


Wie werdet ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Welche Temperatureinstellungen werdet ihr wählen und warum?  
Welche Messbereiche für Stromstärke und Spannung werdet ihr einstellen?

## HINWEIS

2

### EXPERIM. SOLARZELLENTEMPERATUR



Wie könnt ihr die Störfaktoren ausschließen, die ihr in der Planung ermittelt habt?



# EXPERIMENT SOLARZELLETEMPERATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG 2 EXPERIM. SOLARZELLETEMPERATUR

Wir können die Störfaktoren ausschließen, indem wir sie während der Messung konstant halten. Das könnte z.B. so funktionieren:

- Bestrahlungsstärke: dieselbe Lichtquelle verwenden, die gleiche Helligkeitseinstellung wählen und den Abstand zwischen Lichtquelle und Solarzelle immer unverändert lassen. Außerdem können wir darauf achten, dass alle anderen Lichtquellen – z.B. die Beleuchtung im Klassenzimmer, ausgeschaltet oder abgedeckt werden.
- Einstrahlwinkel: Die Neigung der Lichtquelle und der Solarzelle nicht verändern.
- Abschattung der Solarzelle: darauf achten, dass sich nichts zwischen Lichtquelle und Solarzelle befindet, damit die Solarzelle nicht verschattet wird.
- Verschmutzung der Solarzelle: sichergehen, dass die Solarzelle nicht verschmutzt ist und sie reinigen, falls sie verschmutzt ist.
- Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet: Wir behalten immer denselben Widerstand für jede Messung bei.

## LÖSUNG 3 EXPERIM. SOLARZELLETEMPERATUR

Für jede Einstellung der Temperatur wird die Stromstärke und die Spannung gemessen. Daraus wird die Leistung berechnet. Alle Werte werden in eine geeignete Tabelle eingetragen.

Temperatur T [°C]	Stromstärke I [mA]	Spannung U [V]	Leistung P [mW]
z.B. 25°C	...	...	...

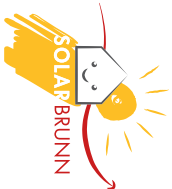
Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## HINWEIS 3 EXPERIM. SOLARZELLETEMPERATUR



Legt eine Tabelle an, in der ihr alle Werte übersichtlich eintragen könnt!  
**LASST EURE SCHALTUNG ÜBERPRÜFEN, BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT.**

## HINWEIS 4 EXPERIM. SOLARZELLETEMPERATUR



Können ihr euch noch daran erinnern, wie man Messwerte in einem Koordinatensystem grafisch darstellt?  
 Wie werden die beiden Achsen beschriftet?





# EXPERIMENT SOLARZELLETEMPERATUR

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe

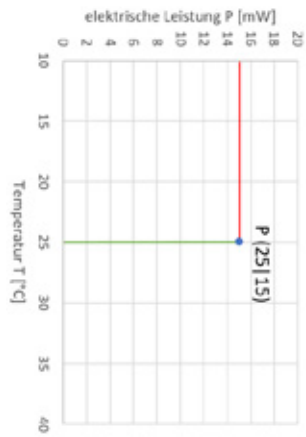


## LÖSUNG 4 EXPERIM. SOLARZELLETEMPERATUR

Wir können Messwerte grafisch darstellen, indem wir unsere Messpunkte in ein Koordinatensystem übertragen. Dazu wählen wir die Achsen wie in der Abbildung. Anschließend übertragen wir die Werte in die Tabelle: Wie das geht, sehen wir für Punkt 1.

Wenn man viele Messwerte gemessen hat, könnte man die Punkte anschließend auch miteinander verbinden, um den Leistungsverlauf in Abhängigkeit der Solarzellentemperatur als Kurve darzustellen.

Temperatur T [°C]	elektrische Leistung P [mW]
25	15



↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.





Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 2/Unterstufe

Einer der Faktoren, der die maximale Leistungsabgabe einer Solarzelle beeinflussen kann, ist die **Farbe des Lichts**, das auf die Solarzelle trifft. Durch unterschiedliche Bedingungen in unserer Atmosphäre (wie z.B. hohe Luftfeuchtigkeit) kann das Licht in unterschiedlichen Gebieten auf der Erde verschiedene Anteile des Farbspektrums besitzen.

**PHASE 1****MESSPLANUNG**

Bevor ihr zu messen beginnt, müsst ihr euch überlegen, wie ihr genau vorgehen wollt.

**1** **WAS** genau wollt ihr herausfinden? – **FORSCHUNGSFRAGE**

**2** **WAS** wollt ihr konkret messen?  
Welche Größen/Parameter können gemessen werden?  
Welcher Parameter soll variiert werden?

**3** Welches Ergebnis erwartet ihr? – **HYPOTHESE**

**4** Welche Faktoren könnten die Messung beeinflussen? Wie könnt ihr sie kontrollieren? – **KONTROLLE DER RAHMENBEDINGUNGEN**

**5** **WIE** wollt ihr konkret messen?  
Wie wollt ihr das Experiment konkret aufbauen?  
Was braucht ihr dafür? Wie werdet ihr konkret vorgehen?

Wenn euch zu den einzelnen Punkten nichts mehr einfällt, könnt ihr die HILFEKARTEN verwenden, die vorne am Leertisch aufliegen. Bitte nehmt immer nur eine Karte. Wenn euch die Informationen nicht helfen, weiterzuarbeiten legt ihr die Karte zurück und holt die nächste. (Die Karten sind durchnummeriert.)



**PHASE 2****AUSEINANDERSETZUNG MIT DEM MESSGERÄT**

Um die Spannung und die Stromstärke zu messen, werdet ihr Multimeter verwenden.

Macht euch mit den Messgeräten vertraut. Wie könnt ihr das Messgerät einschalten, wie die geeignete Messgröße wählen? Welche Messbereiche werdet ihr einstellen, damit das Gerät nicht beschädigt werden kann?

Welche Ablesegenauigkeit ist möglich?  
Entspricht sie der Genauigkeit des Messgeräts?

**PHASE 3****DATENERHEBUNG**

Baut das Experiment wie geplant auf. Überlegt dabei, wie ihr Störfaktoren ausschalten könnt. **BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT, LASST EURE SCHALTUNG KONTROLLIEREN!**

Führt nun eure Messungen wie geplant durch und haltet die Messdaten in einer Tabelle fest.

Stellt den Zusammenhang zwischen elektrischer Leistung und Lichtfarbe grafisch dar! Erstellt dazu ein Koordinatensystem, in dem ihr eure Werte eintragt. Beschriftet die Achsen und wählt passende Abstände zwischen den einzelnen Werten.

Auch hier helfen euch bei Problemen die HILFEKARTEN weiter.

**PHASE 4****PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE**

Stellt gemeinsam als Gruppe eure Ergebnisse vor:

- Erklärt, ob ihr eure Hypothese mit den gesammelten Messwerten bestätigen konntet.
- Beschreibt, wie ihr bei der Messung vorgegangen seid, was ihr dabei beachtet habt. Welche Ergebnisse habt ihr erhalten?

Fragt eure Lehrerin oder euren Lehrer, ob ihr ein Poster gestalten sollt.





Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

1

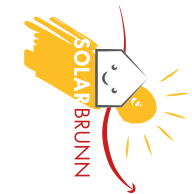
### PLANUNG LICHTFARBE

Wir sollen gemeinsam ein Experiment planen und durchführen, mit dessen Hilfe wir herausfinden können, wie sich die Lichtfarbe auf die elektrische Leistungsabgabe einer Solarzelle auswirkt. Der Faktor, den wir untersuchen wollen, ist die Lichtfarbe. Diese müssen wir während des Experiments verändern, damit wir herausfinden können, wie sich diese Änderung auf die elektrische Leistung der Solarzelle auswirkt.

## HINWEIS

2

### PLANUNG LICHTFARBE

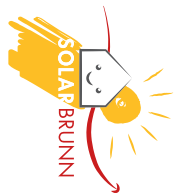


Überlegt, welche Faktoren einen Einfluss auf eure Messwerte haben könnten.  
Wie könnt ihr dafür sorgen, dass sie während des Experiments konstant (unverändert) bleiben?

## HINWEIS

1

### PLANUNG LICHTFARBE



Erklärt euch in eurer Experimentiergruppe gegenseitig die Aufgabenstellung für eure Untersuchung und versucht herauszufinden, ob euch noch etwas unklar ist.  
Welche Größen/Parameter wollt ihr messen?  
Welchen Parameter werdet ihr schrittweise verändern (variieren)?





↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

2

### PLANUNG LICHTFARBE

- Es gibt noch eine Reihe andere Faktoren, die einen Einfluss auf die elektrische Leistung einer Solarzelle haben.
- Die Bestrahlungsstärke, also die Intensität des Lichts, das auf die Solarzelle trifft
  - Der Einstrahlwinkel des Lichts
  - Abschattung durch Objekte, die im Weg stehen
  - Verschmutzung der Solarzelle
  - Die Temperatur der Solarzelle
  - Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet.
- Wir müssen darauf achten, dass sich diese Faktoren nicht verändern.

## LÖSUNG

3

### PLANUNG LICHTFARBE

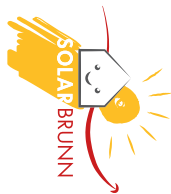
Im Alltag kann sich die Farbverteilung des Sonnenlichts durch unterschiedliche Bedingungen in unserer Atmosphäre (wie z.B. hohe Luftfeuchtigkeit) ändern. Diesen Umstand können wir in unserem Experiment ganz einfach nachahmen, indem wir verschiedene Farbfilter/Farbfolien verwenden.

## HINWEIS

3

### PLANUNG LICHTFARBE

Wie ändert sich unter ‚echten‘ Bedingungen (Sonne) die Farbverteilung des Sonnenlichts? Wie kann man das im Experiment KONTROLLIERT nachstellen (MODELLIEREN)?



## HINWEIS

4

### PLANUNG LICHTFARBE

Die elektrische Leistung kann man nicht direkt messen, sondern nur indirekt mit Hilfe anderer Messgrößen bestimmen und über eine Formel berechnen. Könt ihr euch noch an diese Formel erinnern? Sie weist euch darauf hin, welche Größen ihr im Experiment messen müsst, damit ihr die elektrische Leistung der Solarzelle berechnen könnt!



# PLANUNG LICHTFARBE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



## LÖSUNG 4

### PLANUNG LICHTFARBE

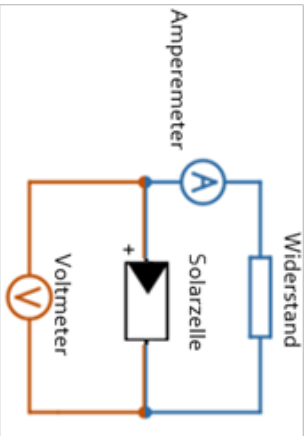
Die elektrische Leistung kann man mit der Formel  $P=U \cdot I$  berechnen.

Um die elektrische Leistung zu bestimmen, müssen wir die Stromstärke und die Spannung messen und können damit die elektrische Leistung berechnen.

## LÖSUNG 5

### PLANUNG LICHTFARBE

Um die elektrische Stromstärke zu messen, wird das Amperemeter mit dem Widerstand und der Solarzelle in Serie geschaltet (=blauer Stromkreis). Die Spannung muss zwischen den beiden Kontakten der Solarzelle gemessen werden. Dazu wird das Voltmeter parallel zur Solarzelle geschaltet (=roter Stromkreis).



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## HINWEIS 5

### PLANUNG LICHTFARBE



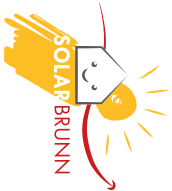
Um die Leistung zu messen, müsst ihr Spannung (U) und Stromstärke (I) messen. Überlegt euch, wie der Stromkreis aussehen könnte, den ihr aufbauen müsst.

Wie werdet ihr die Messgeräte verschalten?

**ZEICHNET EINE SCHALTSKIZZE!**

## HINWEIS 6

### PLANUNG LICHTFARBE



Welche Materialien braucht ihr, um das Experiment durchzuführen?

Welche Aufgabe haben die einzelnen Geräte und Materialien?





## LÖSUNG

### 6

#### PLANUNG LICHTFARBE

Wir brauchen die folgenden Dinge:

- Eine Lichtquelle
- Eine Solarzelle
- Einen Fön
- Ein Thermometer
- Ein Amperemeter, mit dem wir die Stromstärke messen können
- Ein Voltmeter, mit dem wir die Spannung messen können
- Einen Widerstand, den wir einbauen, damit wir Stromstärke und Spannung gleichzeitig messen können
- Kabel

↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.



# EXPERIMENT LICHTFARBE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG

### 1 EXPERIMENT LICHTFARBE

- Wir verbinden die Solarzelle mit den Messgeräten und dem Widerstand (siehe Schaltskizze) (Messbereiche: Gleichspannung ca. 10 Volt, Gleichstrom ca. 200 mA).
- Wir stellen in einem fixen Abstand von der Solarzelle eine Lichtquelle auf, vor der wir verschiedene Farbfilter oder Farbfolien vor unserer Lichtquelle befestigen können (z.B. blau, rot oder grün).
- Es sollten mindestens drei verschiedene Einstellungen für die Farbe dabei sein, aber wir können uns die Farben selbst aussuchen. Es ist sinnvoll, wenn wir keine Einstellungen wählen, die zu ähnlich sind (z.B. hellblau und dunkelblau).

## HINWEIS

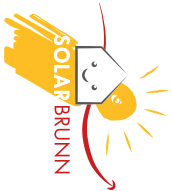
### 1 EXPERIMENT LICHTFARBE



- Wie werdet ihr das Experiment konkret aufbauen?
- Welche Einstellungen für die Lichtfarbe werdet ihr wählen und warum?
- Welche Messbereiche für Stromstärke und Spannung werdet ihr einstellen?

## HINWEIS

### 2 EXPERIMENT LICHTFARBE



- Wie könnt ihr die Störfaktoren ausschließen, die ihr in der Planung ermittelt habt?





# EXPERIMENT LICHTFARBE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.

## LÖSUNG 2 EXPERIMENT LICHTFARBE

- Wir können die Störfaktoren ausschließen, indem wir sie während der Messung konstant halten. Das könnte z.B. so funktionieren:
- Bestrahlungsstärke: dieselbe Lichtquelle verwenden, die gleiche Helligkeitseinstellung wählen und den Abstand zwischen Lichtquelle und Solarzelle immer unverändert lassen. Außerdem können wir darauf achten, dass alle anderen Lichtquellen – z.B. die Beleuchtung im Klassenzimmer, ausgeschaltet oder abgedeckt werden.
  - Einstrahlwinkel: die Ausrichtung der Lichtquelle und der Solarzelle nicht verändern.
  - Abschattung der Solarzelle: darauf achten, dass sich nichts zwischen Lichtquelle und Solarzelle befindet, damit die Solarzelle nicht verschattet wird.
  - Verschmutzung der Solarzelle: sichergehen, dass die Solarzelle nicht verschmutzt ist und sie reinigen, falls sie verschmutzt ist.
  - Temperatur der Solarzelle: die Solarzelle nicht zu nahe an die Lichtquelle bringen.
  - Der Widerstand, der sich im Stromkreis befindet: Wir behalten immer denselben Widerstand für jede Messung bei.

## LÖSUNG 3 EXPERIMENT LICHTFARBE

Für jede gewählte Lichtfarbe wird die Stromstärke und die Spannung gemessen. Daraus wird die Leistung berechnet. Alle Werte werden in eine geeignete Tabelle eingetragen.

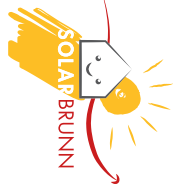
Lichtfarbe	Stromstärke I [mA]	Spannung U [V]	Leistung P [mW]
z.B. blau	...	...	...

## HINWEIS 3 EXPERIMENT LICHTFARBE



Legt eine Tabelle an, in der ihr alle Werte übersichtlich eintragen könnt!  
**LASST EURE SCHALTUNG ÜBERPRÜFEN, BEVOR IHR ZU MESSEN BEGINNT.**

## HINWEIS 4 EXPERIMENT LICHTFARBE



Können ihr euch noch daran erinnern, wie man Messwerte in einem Säulendiagramm grafisch darstellt?  
 Wie werden die beiden Achsen beschriftet?



# EXPERIMENT LICHTFARBE

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Lerneinheit 3/Unterstufe



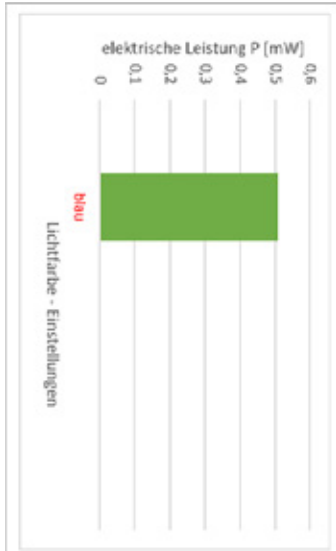
## LÖSUNG

4

### EXPERIMENT LICHTFARBE

Wir können Messwerte grafisch darstellen, indem wir ein Säulendiagramm erstellen. Wir beschriften dazu die Achsen wie in der Abbildung. Die Höhe der Säule wird durch die elektrische Leistung, die wir berechnet haben, bestimmt. Damit können wir die Höhe der einzelnen Leistungswerte gut vergleichen.

Lichtfarbe	elektrische Leistung P [mW]
blau	0,51



↓ Falten und zu doppelseitiger Karte zusammenkleben.





### AUSSAGEN ZU NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG BEWERTEN

FRAGE: Die Schüler\_innen unten haben genau dieselbe Untersuchung durchgeführt wie ihr und diskutieren nun darüber, was das mit Forschung zu tun hat.

Wer hat Recht? Warum? Warum nicht?

*Ich glaube, wir haben heute geforscht. Wir haben nicht nur einfach experimentiert, sondern unsere Messwerte dokumentiert und interpretiert. Außerdem haben wir uns auch mit den Messgeräten und ihrer Genauigkeit beschäftigt.*

*Ich denke, das war noch keine richtige Forschung, weil wir die Rahmenbedingungen im Experiment nicht vollständig kontrollieren konnten. Wir waren ja nicht in einem Labor.*

*Ich denke schon, dass wir heute geforscht haben. Wir haben uns eine Forschungsfrage überlegt und dazu selbst ein Experiment geplant und durchgeführt. Das machen Wissenschaftler auch so.*

*Wir haben nichts Neues erfunden oder so, sondern nur gemessen. Solche Experimente wurden sicher schon sehr oft durchgeführt. Deshalb glaube ich, dass das keine Forschung war. Bei der richtigen Forschung muss man doch was Neues herausfinden.*

#### AUFGABEN:

- 1 Beantwortet die Frage alleine und notiert dabei eure Vermutung / These sowie die Begründungen dazu.
- 2 Findet euch mit einem Partner oder einer Partnerin zusammen und vergleicht eure Antworten. Versucht, euch gemeinsam auf eine Antwort zu einigen. Notiert dabei wieder eure gemeinsame These und die Begründungen dazu.
- 3 Sucht euch ein weiteres Paar und bildet eine Vierergruppe. Wiederholt alle Schritte aus Aufgabe 2.
- 4 Abschließend werden die Ergebnisse dieser Gruppen vor der gesamten Klasse verglichen.



Für die Herstellung von Solarzellen können eine Reihe unterschiedlicher Materialien und Produktionsverfahren angewendet werden. Im folgenden Text erhaltet ihr einen Überblick über die Herstellung einer Siliziumzelle sowie über verschiedene Arten von Solarzellen.

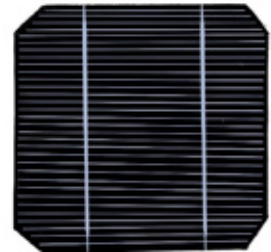
1

## DER KLASSIKER – DIE KRISTALLINE SILIZIUMZELLE

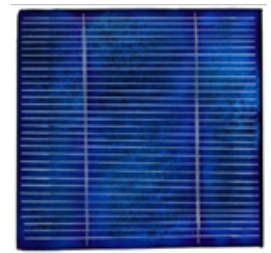
Für die Herstellung der ersten Solarzellen wurde Silizium verwendet. Silizium ist das zweithäufigste (!) Element in der Erdkruste und kommt z.B. als Quarzsand in natürlicher Form auf unserer Erde vor.

Der Quarzsand wird zuerst zu rohem Silizium verarbeitet, das anschließend gereinigt und eingeschmolzen wird. Aus der Schmelze werden runde Siliziumstäbe gezogen. Diese werden anschließend in ca. 0,3 mm dünne Scheiben („Wafer“) zerschnitten. Die runden Wafer werden an den Seiten abgesägt. Typisch für die monokristallinen Solarzellen ist ihr dunkles und einheitliches Aussehen.

Zum Schluss werden die Wafer mit einer Antireflexschicht überzogen. Erst dadurch erhalten die Solarzellen ihre schwarze bis dunkelblaue Farbe. An der Ober- und Unterseite der Solarzelle werden noch Metallkontakte angebracht. An der Oberseite sind das nur ganz dünne Kontaktstreifen, damit so viel Licht wie möglich auf die Oberfläche der Solarzelle treffen kann, und nicht von den Kontakten aufgehalten wird.



Quelle: www.e-genius.at



Quelle: www.e-genius.at

2

## DIE FLEXIBLE LÖSUNG – DIE DÜNNSCHICHTZELLE

Anstelle von klassischen Siliziumzellen können auch Dünnschichtzellen verwendet werden. Bei der Herstellung wird das Halbleitermaterial (amorphes Silizium oder Cadmiumtellurid) direkt in hauchdünnen Schichten auf ein Trägermaterial aufgedampft oder aufgesprüht. Als Trägermaterial wird z.B. Metall oder Glas eingesetzt. Auch flexible Materialien wie Kunststoff oder Stoffe können verwendet werden. Die leichten Dünnschichtzellen können auf viele Arten verwendet werden, z.B. direkt integriert in Bauelemente, für Kleingeräte wie Taschenrechner oder sogar zur Integration in Jacken.



Quelle: www.tuwien.ac.at/fileadmin/t/tuwien/fotos/pa/download/2013/solar-design\_solarfolie.jpg

3

## DEN PFLANZEN NACHGEMACHT – DIE GRÄTZEL-ZELLE

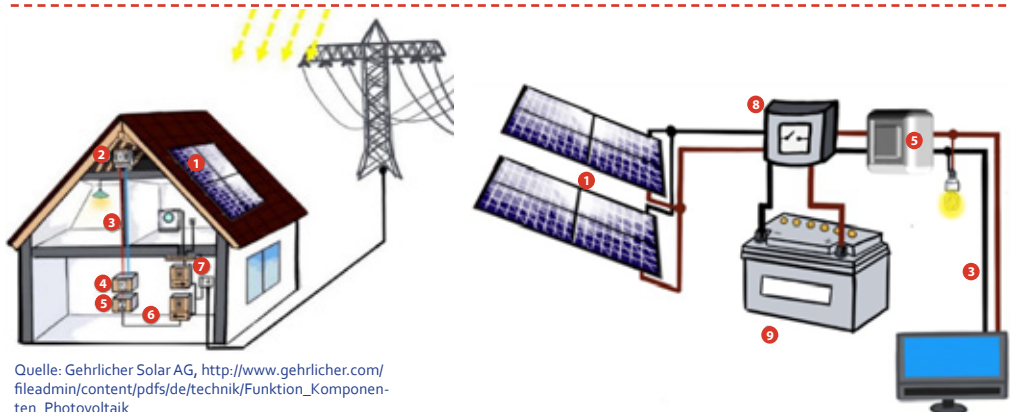
Farbstoffzellen, auch „Grätzelzellen“ genannt, werden aus Kunststoffen hergestellt. Sie ahmen dabei die Photosynthese der Pflanzen nach, um mit Hilfe von Farbstoffen Lichtenergie in elektrische Energie umzuwandeln. Diese Technik ist momentan noch in der Entwicklung und wird deshalb noch nicht häufig im Alltag verwendet.



Photovoltaik-Anlagen können mit dem öffentlichen Stromnetz gekoppelt oder als unabhängige Inselanlagen gebaut werden. Inselanlagen sind nicht mit dem Stromnetz verbunden und brauchen daher einen Energiespeicher. Es gibt auch Anlagen, die sowohl mit einer Verbindung zum Netz als auch einem Energiespeicher ausgestattet sind.

**Solare Hybridanlagen** sind eine Kombination aus PV-Anlagen und anderen Anlagen zur Energiebereitstellung, wie zum Beispiel Wind- oder Wasserkraftwerke.

## AUFBAU EINER PHOTOVOLTAIKANLAGE



Quelle: Gehrlicher Solar AG, [http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion\\_Komponenten\\_Photoovoltaik](http://www.gehrlicher.com/fileadmin/content/pdfs/de/technik/Funktion_Komponenten_Photoovoltaik)

Quelle: Quaschnig 2013, S. 134

**(1) Solargenerator:** Eine einzelne Solarzelle liefert eine Spannung von ca. 0,5 Volt. Diese reicht nicht aus, um die Elektrogeräte in einem Haushalt betreiben zu können. Deshalb werden mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul zusammengeschaltet. Ein „Solargenerator“ besteht aus mehreren solchen „Solarmodulen“.

**(2) / (4) Generatoranschlusskasten:** Der Generatoranschlusskasten dient zur Verschaltung und Sicherung der einzelnen Module.

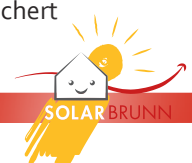
**(3) / (6) Verkabelung:** Stromkabel werden benötigt, um die Module mit allen anderen Komponenten zu einem Stromkreis zu verbinden.

**(5) Wechselrichter:** Solarzellen wandeln Strahlungsenergie, die von der Sonne kommt, in elektrische Energie um. Im Gegensatz zum öffentlichen Stromnetz liefert eine Photovoltaikanlage allerdings Gleichspannung. Die meisten Elektrogeräte sind aber so gebaut, dass sie mit 230 Volt Wechselspannung betrieben werden müssen. Daher wird die Gleichspannung durch einen sogenannten Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt. Bei einem Inselssystem können Elektrogeräte, die mit Gleichspannung funktionieren, direkt betrieben werden. Möchte man aber auch Geräte betreiben, die Wechselspannung benötigen, dann muss man auch hier einen Wechselrichter einbauen.

**(7) Einspeisezähler:** Die elektrische Energie kann nun entweder für den eigenen Haushalt verwendet oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Dafür wird dann ein bestimmter Betrag von den Stromanbietern bezahlt. In Österreich sind das zur Zeit etwa 4 Cent pro kWh. Der Einspeisezähler misst, wie viel elektrische Energie ins Netz eingespeist wurde.

**(8) Laderegler:** Der Laderegler sorgt dafür, dass der Akkumulator sicher und effizient geladen und entladen wird.

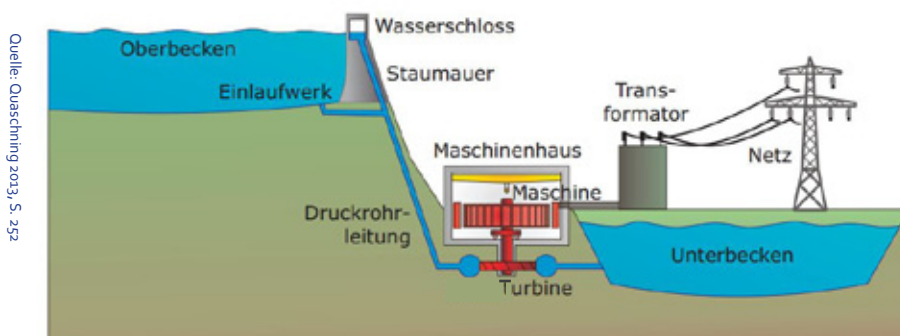
**(9) Akkumulator:** Insel- und Mischanlagen brauchen zusätzlich einen wiederaufladbaren Energiespeicher, mit dem die nicht benötigte elektrische Energie bis zu 24h gespeichert werden kann, bis sie gebraucht wird.



In Österreich gibt es nicht nur viele private Solaranlagen, sondern auch einige große Solarkraftwerke, die sehr viel elektrische Energie bereit stellen können. Da die Energie, die eine PV-Anlage liefert, von der Intensität der Sonnenstrahlung abhängt, kann es passieren, dass man manchmal mehr oder weniger Energie bekommt, als man braucht. Für solche Fälle braucht man Energiespeicher, mit denen die überschüssige elektrische Energie gespeichert werden kann, bis sie benötigt wird. Damit auch der Energiebedarf gedeckt werden kann, wenn die PV-Anlage gerade keine Energie liefert (z.B. in der Nacht). Ihr werdet nun drei verschiedene Möglichkeiten der Energiespeicherung kennenlernen, die dafür in Frage kommen: Pumpspeicherkraftwerke, Akkumulatoren und Power-to-Gas Anlagen.

**1****PUMPSPEICHERKRAFTWERKE**

Pumpspeicherkraftwerke sind mechanische Energiespeicher. Hier kann elektrische Energie dazu verwendet werden, um Wasser mit einer Turbine von einem Unterbecken in ein Oberbecken zu pumpen. Die elektrische Energie wird dabei in potentielle Energie, also in Lageenergie des hinaufgepumpten Wassers, umgewandelt und so gespeichert. Die Malta-Kraftwerke in Kärnten können zum Beispiel rund 588 GWh Energie für mehrere Monate speichern. Wird wieder elektrische Energie benötigt, kann das Wasser zum Unterbecken geleitet werden. Dabei fließt es durch eine Turbine, die die Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt.

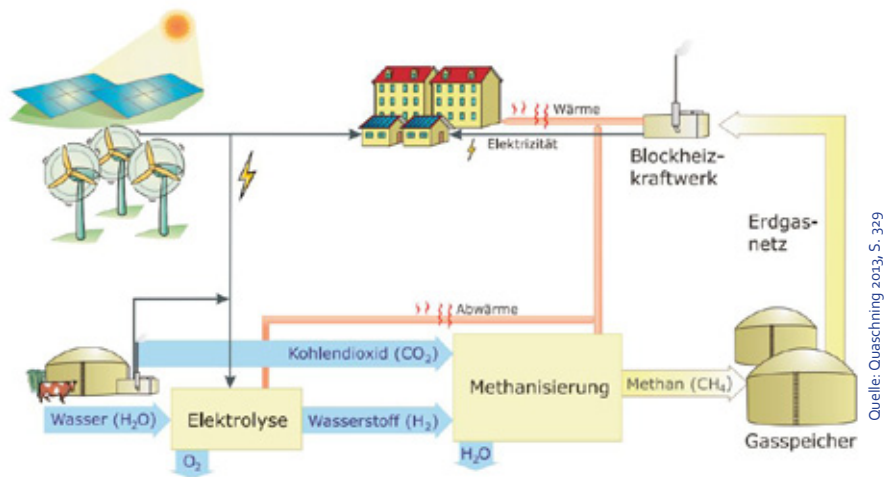
**2****AKKUMULATOREN**

Akkumulatoren oder „Akkus“ sind chemische Energiespeicher und können direkt beim Energienutzer installiert werden. Besonders interessant für die Energiespeicherung sind Lithium-Ionen-Akkus. Diese finden sich z.B. in Laptops, Smartphones oder Tablets, ebenso wie in Elektrofahrrädern, Elektroautos oder „Power Tanks“, die etwa beim Campieren für die Energieversorgung verschiedener Elektrogeräte verwendet werden können. Lithium-Ionen-Akkus haben eine besonders hohe Lebensdauer und können 2 – 10 kWh Energie über mehrere Stunden speichern und damit einen Haushalt über Nacht versorgen. Da auch in Elektroautos Lithium-Ionen-Akkus als Energiespeicher verwendet werden, kann man die nicht benötigte elektrische Energie auch dazu verwenden, um sein Elektroauto direkt zu Hause zu laden.

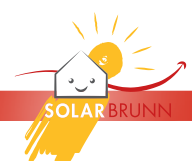


**3 POWER-TO-GAS TECHNOLOGIE**

Die Power-to-Gas-Technologie ist ein chemischer Energiespeicher. Hier wird mit Hilfe von elektrischer Energie Wasser in Sauerstoff ( $O_2$ ) und Wasserstoff ( $H_2$ ) zersetzt (Elektrolyse). Wasserstoff kann in Brennstoffzellen wiederum in elektrische Energie umgewandelt werden und z.B. ein Elektroauto antreiben. Er kann aber auch in geringen Mengen dem Erdgas (Methan) beigemischt werden oder durch eine Reaktion mit  $CO_2$  in Methan umgewandelt werden. Methan wird dann entweder in das Erdgasnetz eingespeist oder in unterirdischen Lagern gespeichert. Es kann dann direkt zum Heizen oder Kochen verwendet werden oder in Blockheizkraftwerken in thermische und elektrische Energie umgewandelt werden. Der Nachteil dieser Energiespeicherung ist, dass mehr als die Hälfte der ursprünglichen elektrischen Energie später nicht mehr in die gewünschte Nutzenergie umgewandelt werden kann.

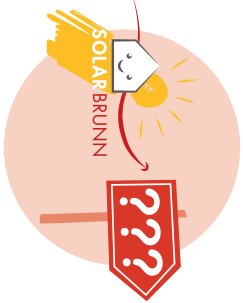


Quelle: Ouschning 2013, S. 329



## LEITFRAGEN GRUPPE 1

„Vom Sandkorn zur Solarzelle“



Lest das Infoblatt 3A zur **Herstellung von Solarzellen**. Klärt gemeinsam die wichtigsten Aspekte des Themas, markiert wichtige Informationen und macht euch Notizen, damit ihr euren Kolleg\_innen später erklären könnt, worum es bei eurem Thema geht.

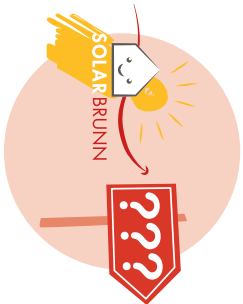
Informiert euch bei den anderen Gruppen über die folgenden Aspekte:

- 1. BESTANDEILE EINER PV-ANLAGE**
  - Aus welchen Komponenten ist eine PV-Anlage aufgebaut?
  - Welche Aufgabe haben diese einzelnen Komponenten?
  - Was sind mögliche Vor- und Nachteile der beschriebenen Anlagentypen?
- 2. ENERGIESPEICHERUNG**
  - Warum sind Energiespeicher für die Photovoltaik wichtig?
  - Wie funktionieren die drei vorgestellten Energiespeicher?
  - Was sind mögliche Vor- und Nachteile der vorgestellten Energiespeicher?

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Unterstufe

## LEITFRAGEN GRUPPE 2

Bestandteile einer Photovoltaik-Anlage



Lest das Infoblatt 3B zu den **Bestandteilen einer PV-Anlage**. Klärt gemeinsam die wichtigsten Aspekte des Themas, markiert wichtige Informationen und macht euch Notizen, damit ihr euren Kolleg\_innen später erklären könnt, worum es bei eurem Thema geht.

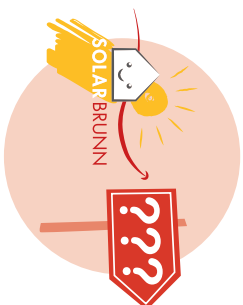
Informiert euch bei den anderen Gruppen über die folgenden Aspekte:

- 1. HERSTELLUNG VON SOLARZELLEN**
  - Wo liegen Unterschiede zwischen den beschriebenen Solarzellentypen?
  - Wie werden die verschiedenen Solarzellentypen hergestellt?
  - Wofür können kristalline Solarzellen und Dünnschichtzellen verwendet werden?
- 2. ENERGIESPEICHERUNG**
  - Warum sind Energiespeicher für die Photovoltaik wichtig?
  - Wie funktionieren die drei vorgestellten Energiespeicher?
  - Was sind mögliche Vor- und Nachteile der vorgestellten Energiespeicher?

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Unterstufe

## LEITFRAGEN GRUPPE 3

Möglichkeiten der Energiespeicherung



Lest das Infoblatt 3C zur **Energiespeicherung**. Klärt gemeinsam die wichtigsten Aspekte des Themas, markiert wichtige Informationen und macht euch Notizen, damit ihr euren Kolleg\_innen später erklären könnt, worum es bei eurem Thema geht.

Informiert euch bei den anderen Gruppen über die folgenden Aspekte:

- 1. HERSTELLUNG VON SOLARZELLEN**
  - Wo liegen Unterschiede zwischen den beschriebenen Solarzellentypen?
  - Wie werden die verschiedenen Solarzellentypen hergestellt?
  - Wo können kristalline Solarzellen und Dünnschichtzellen verwendet werden?
- 2. BESTANDEILE EINER PV-ANLAGE**
  - Aus welchen Komponenten ist eine PV-Anlage aufgebaut?
  - Welche Aufgabe haben diese einzelnen Komponenten?
  - Was sind mögliche Vor- und Nachteile der beschriebenen Anlagentypen?

Lernumgebung „Eine sonnige Zukunft?“ Unterstufe





**Eure Gemeinde will eine Schule mit einer PV-Anlage ausstatten. Dafür schreibt sie einen Jugend-Wettbewerb aus: Kluge Köpfe sind gefragt!**

Pro Schule darf eine Schüler\_innengruppe einen Plan für eine PV-Anlage einreichen. In der Beschreibung der geplanten Anlage müssen alle grundlegenden Aspekte, die bei einem solchen Projekt berücksichtigt werden müssen, dargestellt werden. Unter den Bewerbungen wird jene Planung ausgewählt, die den Aspekt von Nachhaltigkeit\* am besten erfüllt. Die Schule, die gewinnt wird mit einer PV-Anlage ausgestattet. Eine Schüler\_innengruppe der Schule darf im Planungsprozess mitwirken. Der Gewinner erhält die eigene, selbstgeplante Photovoltaik-Anlage auf das Schuldach und die Schüler\_innen der Siegergruppe dürfen im Planungsprozess mitwirken!

Ihr möchtet an diesem Wettbewerb teilnehmen und müsst euch dafür schriftlich mit einer Beschreibung der geplanten Anlage bewerben: Diese Beschreibung muss erklären, warum gerade an eurer Schule eine PV-Anlage installiert werden soll. Folgende Leitfragen helfen euch bei der Planung. Ihr könnt zur Ausarbeitung der Leitfragen auch im Internet recherchieren.

**1**

### **WER MUSS VON DER TEILNAHME WISSEN? WER SOLLTE ZUM PLANUNGSTEAM DES PROJEKTS GEHÖREN?**

Ihr müsst euch zuerst überlegen, wen ihr im Team für die Planung der PV-Anlage dabeihaben wollt. Überlegt euch dabei folgendes:

- 1 Welche Personen(gruppen) müssen vom Projekt wissen/ihre Zustimmung erklären?
- 2 Wer hat Interesse am Umgestaltungsprozess?
- 3 Wen betrifft die Umgestaltung direkt / wen indirekt?
- 4 Mit wem müsst ihr zusammenarbeiten, damit das Vorhaben gelingen kann?
- 5 Wer kann noch zum Gelingen beitragen?

Idealerweise macht ihr dazu eine sogenannte Projekt-Umweltanalyse: Ihr schreibt dazu die Namen aller wichtigen Personen auf Post-its und ordnet sie auf einem großen Bogen Papier rund um das Projekt als Zentrum an. Je nach Bedeutung können sie näher oder weiter weg sein, je nach Wichtigkeit größer oder kleiner. Verbindungslinien und kurze Anmerkungen können die Bedeutung der einzelnen Personen klären.

\* Könnt ihr euch noch an die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit erinnern? Ihr habt den Begriff schon in der ersten und zweiten Einheit kennengelernt, als ihr über nachhaltige Energieversorgung und die Stärken der Photovoltaik geredet habt.





## 2 FÜR DIE BEWERBUNG

Überlegt euch vor der konkreten Planung, welche Informationen für das Projekt notwendig sind, wie ihr dessen Nachhaltigkeit begründen könnt.

- 1 Welche Informationen benötigt ihr, um die ungefähre Größe der Anlage abschätzen zu können?
- 2 Unter welchen Bedingungen liefert die Anlage die größtmögliche elektrische Leistung? Wie können diese Bedingungen erfüllt werden?
- 3 Welche Bedingungen müssen für das Schulgebäude gegeben sein?
- 4 Was muss in Bezug auf die PV-Anlage geklärt werden?
- 5 Gibt es rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. Gesetze), die beachtet werden müssen?
- 6 Welche Informationen bekommt ihr von der Schule / vom Netzbetreiber / etc.?
- 7 Gibt es gesetzliche Förderungen, die ihr in Anspruch nehmen könnt?

## 3 OPTIONAL: GROBPLANUNG DES PROJEKTS

Stellt eine Grobplanung der einzelnen Schritte für das ca. 6 Monate dauernde Projekt zusammen: Überlegt euch, welche Schritte notwendig sind, wie viel Zeit ihr für welchen der Schritte benötigt und wer in die einzelnen Schritte miteinbezogen werden muss.

- 1 Welche Aufgaben ergeben sich?
- 2 Welche Personen werden welche Aufgaben übernehmen?
- 3 Welche Probleme könnten auftauchen? Wie kann damit umgegangen werden?

